

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengertian Batako

Dengan majunya perkembangan, banyak inovasi muncul sebagai bahan alternatif pada bahan bangunan, salah satunya adalah batako. Dalam pembuatan dinding biasanya digunakan material ini. Dengan campuran perbandingan agregat halus dan semen (*Portland cement*) dalam cetakan khusus pada batako.

Material ini terbuat dari air, pasir dan semen *Portland* atau tidak dengan bahan tambah lainnya *Additive*. Dalam pembuatannya digunakan bahan bangunan atau pemasangan dinding dan dicetak sesuai perencanaan, material ini biasa disebut dengan *Conblock* (*Concrete block*) atau bata cetak beton (SNI 03-0349-1989).

2.1.1 Jenis Batako

Dengan dipengaruhi perkembangan dan pemanfaatan teknologi, secara umum batako yang digunakan sampai saat ini terdapat penemuan baru untuk memudahkan para peneliti, jenis-jenis batako sebagai berikut :

1. Batako putih (Tras)

Jenis batako ini terbuat dari batu kapur, air, campuran tras yang jenis tanahnya berasal dari gunung berapi yang berwarna putih kecoklatan. Pada ukuran batako ini memiliki panjang 25 - 30 cm, tinggi 14 - 18 cm, dan tebal 8 - 10 cm.

2. Batako semen / batako press

Batako ini terbuat dari bahan penyusun antara lain semen, pasir/batu abu, dan air. Ukuran batako ini biasanya memiliki panjang 36 - 40 cm, tinggi 18 - 20 cm, tebal 8 - 10 cm. Pada proses pembuatannya dicetak dengan mesin press atau manual.

3. Batako (bata ringan)

Batako ini memiliki bahan penyusun antara lain pasir kuarsa atau pasir biasa, semen, kapur atau bahan lainnya yang dikategorikan dalam

bahan beton ringan. Ukuran jenis batako ini memiliki panjang 60 cm, tinggi 20 cm, dan tebal 8 - 10 cm.

Menurut Wijanarko wisnu (2008) jenis batako ada 2 macam. Jenis batako ini dibedakan dalam bahan tambah penyusunya dan proses pengeringannya. Berikut uraian jenis batako (bata ringan), antara lain :

1. Bata ringan *Autoclaved aerated concrete* (AAC) dengan bahan tambah kimia, yang dimana bubuk alumunium atau zat kimia membuat gelembung udara disebabkan oleh proses kimia. Batako ini biasanya menggunakan proses pengeringan dengan oven autoklaf bertekanan tinggi.
2. Bata ringan) *Cellular lightweight concrete* (CLC) tanpa bahan kimia, dimana agregat kasarnya diganti dengan busa organik *foam agent* yang kurang stabil tidak ada reaksi kimianya dan pada saat proses pengeringan secara alami.

2.1.2 Kelebihan Batako

Dalam menggunakan batako terdapat faktor keuntungan, menurut Supribadi (1986 : 59) keuntungan tersebut sebagai berikut :

1. Secara pemakaian batako lebih kuantitatif dan lebih membutuhkan sedikit di tiap m² pasang dinding, dibandingkan dengan penggunaan batu bata.
2. Dengan proses secara bersamaan dapat memudahkan dalam pembuatan.
3. Dalam pengerjaan segi waktu dapat lebih hemat dengan ukuran besar.
4. Pada jenis batako berlubang, difungsikan untuk keluar masuknya udara.
5. Batako tidak perlu diplester apabila pekerjaannya rapi.
6. Pengguna batako dapat dengan mudah memotong batako.
7. Batako tidak perlu direndam air sebelum penggunaannya.

2.1.3 Kekurangan Batako

Faktor kerugian yang diperoleh dalam penggunaan batako sebagai berikut:

1. Dibutuhkan waktu lama (3 minggu) pada saat proses pengerasan sebelum memakai batako tersebut.
2. Batako akan lebih cepat kering pada saat ditambah bahan tambah kimia khusus untuk proses pengerasan.
3. Ukuran batako yang cukup besar, mengakibatkan proses pengerasan akan lama.

2.2 Komposisi Batako

Beberapa komposisi bahan material dalam pembuatan batako di penelitian, bahan material tersebut antara lain :

2.2.1 Semen

Material ini mengandung beberapa komposisi senyawa, yaitu penghalusan *Kliner*, *Aluminium*, *Silica*, besi oksida, material *Argillaceous* atau kapur *Calcareous* seperti *Limestone*. Material *Gypsum* ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dan bahan *Inert* adalah bahan material yang dihasilkan dari proses penggilingan, sebelum nya dilakukan proses pencampuran dalam oven hingga membentuk *klinner* dengan suhu 1300-1450 C° (SNI 0013 - 1981).

Semen *Portland* memiliki 5 jenis sesuai penggunaannya, yakni :

1. Dalam penggunaan semen umum *type I (Normal portland cement)* digunakan tanpa sifat khusus dalam penggunaan konstruksi beton.
2. Semen *type II (Modified portland cement)* digunakan dalam penggunaan konstruksi bangunan tebal, pilar, dinding penahan tanah dan drainase pada tempat yang memiliki sulfat bersifat sedang 0.1% - 0.2% dari hidrasi panas asam sulfat. sifat dari semen ini memiliki panas hidrasi rendah.
3. Semen ini memiliki sifat kekuatan besar dalam waktu singkat bisa digunakan dalam perbaikan beton yang acuannya digunakan atau acuannya perlu dilepas. Penggunaan jenis semen ini tempat dimana temperatur sangat rendah terutama di musim dingin. Jenis semen ini memiliki sifat kekuatan yang sangat (*High early strength portland cement*) *Type III*.

4. Pada bangunan beton massa seperti bendungan diperlukan jenis semen yang memiliki sifat kekuatan tumbuh lambat, dan jenis ini memerlukan panas hidrasi paling rendah. (*Low heat portland cement*) Type IV.
5. Menurut Wuryati S. dan Candra R (2001) penggunaan semen (*Sulfate resisting portland cement*) Type V digunakan dalam bangunan yang terkena sulfat, seperti tanah dan air yang kandungannya memiliki sifat alkali.

2.2.2 Agregat Halus

(SK-SNI-T-15-1990-03) menjelaskan ada pengelompokan jenis agregat halus dari hasil gradasinya ada pasir kasar, pasir agak kasar, pasir agak halus, pasir halus. Modulus dengan butir 1.5 - 3.8 disebut agregat halus.

Dalam penelitian ini bahan penyusun batako menggunakan agregat halus. Syarat agregat halus antara lain :

1. Sifatnya kuat dari cuaca agak butir yang kekal, tidak pecah, butir-butiran keras, tajam dalam indeks kekerasan, tidak hancur.
2. Sifat selanjutnya adalah tidak memiliki kandungan lumpur sebesar 5%, jika lebih itu artinya agregat halus dicuci ulang pada saat proses berat jenis melalui ayakan 0.063 mm.
3. Menurut *Abrams-Harder*, jika pada saat proses percobaan warna dengan NaOH tidak masuk dalam syarat agregat halus tetap dapat dipakai, tapi di umur 28 hari tidak boleh kurang 95% dari adukan agregat dan juga tidak boleh memiliki kandungan sifat bahan organik yang terlalu banyak.
4. Ayakan yang ditentukan berturut-turut 31.5 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5mm, 0.25 mm. Agregat halus itu sendiri terdiri dari beragam besarnya itu sendiri. Ayakan ditentukan berturut 3.15 mm, 16 mm, 8 mm, 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm. Syaratnya yaitu :
 - a. Minimum berat sisa 2% di atas ayakan 4 mm.
 - b. Minimum berat sisa 10% di atas ayakan 1 mm.
 - c. Minimum berat sisa 80 - 95% di atas ayakan 0.25 mm.

5. Pasir laut tidak boleh digunakan dalam penggunaan beton sesuai petunjuk dan lembaga pemeriksaan yang diakui, kecuali ada pemeriksaan lebih lanjut.

Tabel 2.1 Gradasi Agregat Halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber : Teknologi Beton. Kardiyono Tjokrodinuljo

Keterangan :

Pasir kasar = Daerah I

Pasir agak kasar = Daerah II

Pasir agak halus = Daerah III

Pasir halus = Daerah IV

2.2.3 Klasifikasi Agregat Halus

Dengan majunya teknologi maju pada zamannya, memudahkan para peneliti mengembangkan penemuan baru pada jenis agregat halus, seperti :

1. Pasir Beton

Pasir ini memiliki kandungan sifat keras dan tajam, lebih kecil 0.063 mm tidak lebih 5% dari berat. Digunakan pada pengecoran, struktur kolom, balok pelat lantai.

2. Pasir Gunung

Pasir ini biasanya diambil dari galian, memiliki sifat *Pozzolan* yang artinya mengeras membentuk massa padat sukar dalam air jika dicampur dengan kapur padam dan air.

3. Pasir Kuarsa

Pasir ini mengandung struktur kristal heksagonal yang terbuat dari silika trigonal. Memiliki sifat berat jenis 2.65 titik lebur 175150 C, panas 0.185 dan konduktivitas panas 12 - 1000 C. Dengan ukuran segi enam dan berwarna putih bening yang tergantung dari senyawa pengotornya.

2.2.4 Air

Dalam penelitian ini air yang dipakai untuk membasahi agregat dan memberi kemudahan dalam pengerjaan beton. Air tidak boleh mengandung garam, minyak atau zat kimia lainnya yang akan merusak beton.

Menurut (PBI 1971) pemakaian air yang digunakan dalam pembuatan beton sebaiknya masuk di kriteria antara lain :

1. Minyak, bahan kimia atau garam tidak boleh tercampur dalam air dari 15 gram/liter untuk proses pembuatan beton, dikarenakan akan merusak kualitas beton.
2. Lebih dari 0.5 gram/liter air yang mengandung klorida (Cl) tidak dapat dipakai dalam proses pembuatan beton.
3. Dalam proses pembuatan beton air yang dipakai tidak boleh mengandung lebih 1 gram/liter senyawa sulfat.

Banyaknya gelembung yang dihasilkan dari proses hidrasi dikarenakan air yang digunakan berlebihan akan mengakibatkan turunnya kekuatan beton yang akan dihasilkan, namun dengan air lebih sedikit mengakibatkan pengeringan hidrasi tidak merata. Dibutuhkan faktor air semen (*water cement ratio*) untuk perbandingan air dengan berat semen agar air yang diperlukan sesuai takaran.

2.3 Kelapa Sawit

Di indonesia banyak penyebar luasan kelapa sawit. Perkebunan di indonesia banyak dikonversi menjadi suatu lahan kelapa sawit karena dibagian ekonomi menjadi salah satu penghasil dan pemakai terbesar di asia maupun di dunia. Pada tahun 80an, tanaman jenis ini digelari sebagai primadona karena memberi dampak keuntungan yang sangat besar. Pada tahun 1848 hanya digunakan dalam tanaman hias. Pertama kalinya ditanam di kebun raya bogor dan

mulanya ada 4 yang tanaman. Tumbuhan ini jenis dari palem atau yang biasa disebut dengan *Palmae* dalam taksonominya, dikategorikan ke dalam (*Arecaceae family*).

Jenis tanaman ini memiliki bentuk seperti pohon kelapa, memiliki pelepah hingga umur 12 tahun. Pada umur 12 tahun setelahnya mengering dan mengelupas dari batang pohon nya itu sendiri mirip pohon pisang. Tanamannya ini biasanya tumbuh tinggi mencapai 24 meter, memiliki akar serabut namun tersusun majemuk menyirip dan untuk daun tanaman ini mirip seperti tanaman pohon kelapa yang membedakan adalah warnanya hijau lebih tua dibanding tanaman pohon kelapa.

2.3.1 Cangkang Kelapa Sawit

Salah satu hasil dari proses pengolahan kelapa sawit itu sendiri yang diambil minyak kelapanya yang sangat besar, yaitu 60% dari produksi minyak. Menurut Widiarsi (2008) cangkang kelapa sawit mengandung *Selulosa* (26.27%), *Hemiselulosa* (12.61%) dan *Lignin* (42.96%).

Dalam pengolahan limbah ada beberapa jenis limbah, limbah berupa cangkang, batang atau tandan kelapa sawit dan pelepah kering, limbah ini termasuk di jenis limbah padat, yang artinya menghasilkan 10 ton bobot kering setiap per tahun. Jenis spesifiknya yaitu limbah padat, gas, limbah cair.

Limbah sawit menghasilkan cangkang kelapa sawit yang biasanya tidak dipakai atau diolah kembali, cangkang kelapa sawit (*Oil palm shell*) mempunyai karakteristik yang sangat ringan, penyerapan air yang sangat tinggi dan kerasnya cangkang kelapa sawit itu sendiri. Dengan karakteristik tersebut tidak mengotori atau pun menghasilkan zat beracun terikat dalam matriks beton dan batako.

Batako dengan campuran cangkang kelapa sawit dapat berpotensi dalam pengaplikasian batako untuk konstruksi bangunan yang memerlukan kekuatan rendah non struktur seperti trotoar, atau dinding. Penggunaan cangkang kelapa sawit terhadap batako, akan menghasilkan batako dengan kepadatan rendah. Sebuah studi akhir – akhir ini mengidentifikasi dimana limbah menjadi potensi terbesar dalam sumber energi terbaru dinegara untuk menunjukan besar residu

hutan dan juga dapat digunakan untuk mengatasi masalah lingkungan atas pembuangan limbah dengan benar.

Menurut Manna, M. A., Ganapathy, C., (2001) dan Teo, et. al., (2002) dari pengkajian sebelumnya dengan campuran cangkang sawit pada beton ringan, efek cangkang kelapa sawit terhadap beton sebagai pengganti agregat kasar pada sifat basah dan kuat tekan dari beton. Alternatifnya adalah dengan menggunakan bahan industri sebagai konstruksi. Sebelum cangkang kelapa sawit digunakan untuk penelitian, memberi cara untuk proses menghilangkan kotoran dari agregat. Berikut ini adalah metode yang disarankan oleh mereka :

1. Oksidasi parsial agregat organik.
2. Tahan air.
3. Menghilangkan pengendapan sulfat dengan alkali.
4. Dengan kinerja beton lebih baik untuk sebagai akselerator digunakan kapur dan klorida untuk pencampuran.
5. Air matang digunakan pada sulfat besi dengan pengobatan mikro organisme.
6. Dengan menggunakan deterjen dan air akan menghilangkan lapisan minyak.

Pada pengkajian sebelumnya Daneshmand, Saman, dan Omidreza (2011) pada 28 hari kekuatan umumnya 10%, 20%, dan 30% cangkang kelapa sawit yang dihasilkan dengan kuat tekan mencapai 52.2 N / mm^2 memenuhi standar persyaratan beton bermutu tinggi.

Kekuatannya itu sendiri adalah suatu ukuran kinerja yang dipakai untuk merancang bangunan. Campuran beton dirancang dengan sedemikian rupa untuk menyediakan sifat mekanik dan daya tahan untuk memenuhi standar persyaratan dalam suatu desain struktur. Kekuatan tekan dihitung dari beban kegagalan dibagi dengan luas penampang untuk menahan beban dan disebut dengan satuan Mpa (satuan SI).

Beton dengan campuran cangkang kelapa sawit sebagai agregat kasar mencapai kuat tekan 20 Mpa dengan rasio air / semen 0.40 dan perawatan beton

laboratorium biasa dari penelitian mereka Mannan dan Ganapathy (2002) menggunakan limbah cangkang kelapa sawit.

Dengan beton campuran cangkang kelapa sawit menjadi solusi terbaik dan dapat membantu ketergantungan terhadap sumber daya yang digunakan untuk komposisi beton dan konstruksi struktur lainnya. Hasil penelitian, bahwa kekuatan beton dengan campuran cangkang sawit memenuhi standar untuk struktur ringan. Beton dengan cangkang kelapa sawit pada 28 hari kuat tekan beton meningkat 3% dari beton ringan alami. Jarak kekuatan untuk standar beton ringan struktural dengan beton campuran cangkang kelapa sawit adalah 17 – 35 Mpa. Itu artinya faktor efisiensi pengujian campuran cangkang kelapa sawit yang lebih tinggi dari beton ringan.

2.4 Syarat Mutu Batako

Menurut bata beton Pada syarat mutu Standar Nasional Indonesia (SNI 03-049-1989) ada tiga, antara lain :

1. Pandangan Luar (sifat tampak)

Dalam bidang permukaannya harus tidak cacat.

2. Ukuran dan Toleransi

Untuk ukuran dan toleransi dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Ukuran Batako

satuan : mm

Jenis	Ukuran			Tebal dinding sekat lobang, minimum	
	Panjang	Lebar	Tebal	Luar	Dalam
1. Pejal	390 + 3 - 5	90 ± 2	100 ± 2	—	—
2. Berlobang.					
a. Kecil	390 + 3 - 5	190 + 3 - 5	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 + 3 - 5	190 + 3 - 5	200 ± 3	25	20

Sumber : Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0349-1989)

3. Syarat Mekanis (kuat tekan dan penyerapan air)

Syarat batako diuraikan di tabel 2.3

Tabel 2.3 Syarat-syarat Mekanis Batako (SNI 03-0349-1989)

Syarat fisis	Sa- tu- an,	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlobang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto* ra- ta-rata min.	kg/ cm ²	100	70	40	25	70	50	35	20
2. Kuat-tekan bruto masing- masing ben- da uji min.	kg/ cm ²	90	65	35	21	65	45	30	17
3. Penyerapan air rata-rata, maks.	%	25	35	—	—	25	35	—	—

Kuat tekan bruto - adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah, dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk luas lubang serta cekungan tepi.

Sumber : Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0349-1989)

Sesuai dengan tingkat mutu batako di bedakan sesuai nilai kuat tekan, antara lain :

1. Tingkat mutu I : digunakan untuk dinding non struktural terlindung, nilai kuat tekan rata-rata sebesar 100 kg/cm² atau setara dengan 9.8 Mpa
2. Tingkat mutu II : digunakan untuk dinding struktural tak terlindung, (boleh ada beban), nilai kuat tekan rata-rata sebesar 70 kg/cm² atau setara dengan 6.8 Mpa
3. Tingkat mutu III : digunakan untuk dinding non struktural tak terlindungi boleh terkena hujan dan panas, nilai kuat tekan rata-rata sebesar 40 kg/cm² atau setara dengan 3.9 Mpa
4. Tingkat mutu IV : digunakan untuk dinding non struktural terlindungi dari cuaca, nilai kuat tekan rata-rata sebesar 25 kg/cm² atau setara dengan 2.4 Mpa

2.5 Tipe Mortar

Menurut acuan (SNI 6882-2014) spesifikasi mortar untuk pekerjaan pasang dinding ada beberapa tipe mortar dibedakan berdasarkan kekuatannya, berikut tabel dan uraiannya :

Tabel 2.4 Tipe Mortar (SNI 6882-2014)

Mortar	Tipe	Kekuatan tekan rata-rata pada umur 28 hari, min, MPa (psi)
Semen-kapur	M	17,2 (2 500)
	S	12,4 (1 800)
	N	5,2 (750)
	O	2,4 (350)
Semen mortar	M	17,2 (2 500)
	S	12,4 (1 800)
	N	5,2 (750)
	O	2,4 (350)
Semen pasangan	M	17,2 (2 500)
	S	12,4 (1 800)
	N	5,2 (750)
	O	2,4 (350)

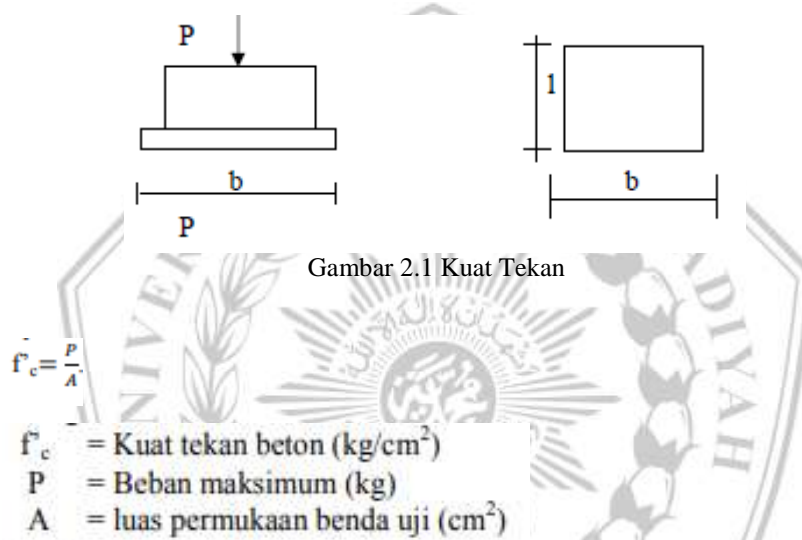
Sumber : Standar Nasional Indonesia (SNI 6882-2014)

1. Mortar tipe M adalah tipe mortar dengan kuat tekan yang tinggi, kuat tekan yang dihasilkan biasanya 17.2 Mpa, digunakan dalam pasang dinding dan pasang bertulang maupun pasang tidak bertulang yang memikul beban besar.
2. Mortar tipe S dalam struktur memikul beban tekan normal tetapi kuat tekan lentur yang diperlukan menahan beban lateral besar berasal dari tekanan tanah, angin dan beban gempa. Direkomendasikan untuk struktur padah bawah tanah, serta berhubungan dengan tanah, seperti pondasi, dinding penahan tanah, perkerasan, saluran pembuangan dan *mainhole*. Kekuatan yang dihasilkan rata-rata biasanya 12.4 Mpa.
3. Mortar tipe N digunakan dalam untuk konstruksi pasangan di atas tanah, untuk dinding beban interior maupun eksterior. Kekuatan rata-rata yang dihasilkan biasanya sebesar 5.2 Mpa. Mortar dengan kekuatan sedang ini memberikan kesesuaian yang paling baik antara kuat tekan dan lentur, *workability*, dan segi ekonomi yang direkomendasikan dalam konstruksi pasangan umumnya.
4. Mortar tipe O merupakan mortar yang memiliki kandungan kapur tinggi dan kuat tekan rendah. Mortar tipe ini biasanya digunakan dalam dinding interior dan eksterior yang tidak menahan beban struktur, yang tidak membeku dalam keadaan lembab atau jenuh. Memiliki *workability* dan biaya ekonomis, kuat tekan rata-rata dihasilkan sebesar 2.4 Mpa.

2.6 Kuat Tekan

Kuat tekan adalah hasil dari beban menyebabkan benda uji dibebani dengan gaya yang dihasilkan dari mesin uji. Pengujian mengacu pada (SNI-M-14-1989).

Dalam teori teknologi beton yang dijelaskan oleh Tjokrodinuljo (1996:59) jenis semen, jumlah semen, sifat agregat, kepadatan, umur beton, faktor air semen adalah semua sifat yang mempengaruhi kekuatan beton. Pada kekuatan beton antara hubungan faktor air semen ditinjau dengan rumus dari Duff Abrams (1919).



Sesuai rumus di atas apabila luas penampang semakin luas kuat tekan semakin besar yang dihasilkan dan pengaruh faktor air semen yang optimum.

Menurut Tjokrodinuljo (1996 : 60) Cara perawatan dan hasil nilai uji tekan akan bertambah dengan bertambah umur, begitu juga dengan pengaruh faktor air semen.

Kekerasan permukaan dan ukuran maksimum adalah sifat dari agregat itu sendiri yang telah diuji sehingga kuat tekan yang diinginkan tidak lebih rendah dari pastinya untuk menghasilkan kuat tekan maksimum. Faktor air semen yang dihasilkan dalam adukan beton adalah jumlah semen yang dimaksudkan dari kuat tekan beton Tjokrodinuljo (1996 : 60).

Kekuatan yang dihasilkan dari uji kuat tekan adalah hasil proses daripengujian uji tekan dibagi dengan luas alas nominal batako sesuai dari pengkajian diatas yang telah disimpulkan.

2.7 Berat Jenis Batako

Batako mempunyai bahwa berat jenisnya yang ringan dengan kekuatan material memadai, bahan konduktivitas panas cukup rendah sehingga dapat digunakan dalam isolator panas. Menurut Murdock, L (1991) berat jenis biasanya sebesar 1850 kg/m^3 dari beton ringan yang sebenarnya kadang melebihi batasannya.

Dalam mengurangi berat jenis beton yang membuat beton itu sendiri lebih ringan, metode yang digunakan menurut Tjokrodinuljo (1996) antara lain :

1. Membuat gelembung udara/gas dalam semen hingga banyak mengandung pori-pori dalam beton. Menambahkan bubuk aluminium ke dalam adonan beton.
2. Agregat yang ringan dapat membuat beton menjadi lebih ringan. Bahan material yang membuat beton menjadi ringan adalah agregat buatan, liat bakar, batu apung, cangkang sawit.
3. Dengan menggunakan beton non pasir.

2.8 Penelitian Relevan

Hasil dari pengkajian sebelumnya dengan menggunakan bahan cangkang kelapa sawit, antara lain sebagai berikut :

1. Nilai kuat yang dihasilkan dengan dengan variasi 0%, 5%, 10% dan 15% yang dihasilkan 27.8 Mpa, 25.9 Mpa, 22.3 Mpa dan 13.5 Mpa pada umur 28 hari dari pengkajian sebelumnya dari Thompson Kwan dan Nursyamsi (2017) dengan judul “Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Substitusi Agregat Kasar Beton”.
2. Hasil pengkajian sebelumnya Kristianto, Crisna Djaja Mungkok dan Cek Putra Handalan (2016) dengan judul “Penggunaan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambah Terhadap Mutu Beton”

dihasilkan pada umur 0%, 5%, 10%, dan 15% dari volume batu didapat 32.85 Mpa untuk beton normal dan untuk hasil variasi, 27.41 Mpa, 27.99 Mpa dan 26.97 Mpa pada umur 28 hari. Terjadi penurunan dikarenakan cangkang kelapa sawit berbentuk pipih, nilai kadar airnya sangat tinggi dan nilai absorpsi yang besar.

3. Dari hasil pengkaji sebelumnya dengan judul Karakteristik Beton Ringan Dengan Agregat Pengganti Limbah Cangkang Kelapa Sawit (*Oil palm shell*) dan *Fly Ash* sebagai *Cementitious*” dengan pengkajian dari Juhransyah (2019). Dengan campuran cangkang kelapa sawit dan *fly ash* didapat 19.47 Mpa untuk beton normal tanpa campuran apapun, kuat tekan didapat 25.43 Mpa dengan campuran *fly ash* 20%, kuat tekan didapat 16.04 Mpa dengan campuran 25% cangkang kelapa sawit, lalu kuat tekan dihasilkan sebesar 17.40 Mpa dengan ditambah 20% *fly ash* pada beton. Sedangkan kuat tekan dihasilkan 13.85 Mpa dengan campuran cangkang sawit sebesar 50% dan jika ditambahkan 20% *fly ash* pada beton didapat kuat tekan sebesar 14.39 Mpa

